

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Edible

2.1.1 *Edible Film*

Film dapat diartikan sebagai lapisan tipis dari material . Biasanya tersusun dari polimer yang memungkinkan untuk menguatkan secara mekanik pada stand yang terstruktur. Tiap sheet adalah film yang tipis. Film dapat berbentuk wadah, bungkus, kapsul, kantong, atau pelindung lapisan luar selama proses di pabrik. *Edible film* adalah lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk melapisi produk (coating) atau diletakkan diantara komponen produk yang berfungsi sebagai penghalang terhadap perpindahan massa (misalnya uap air, gas, zat terlarut, cahaya) dan untuk meningkatkan penanganan suatu makanan (Ahmed, dkk. 2008). *Edible film* dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan komponennya yaitu : hidrokoloid (mengandung protein, polisakarida atau alginat), lemak (asam lemak, acylgliserol atau lilin) dan kombinasi (dibuat dengan menyatukan kedua substansi dari dua kategori) (Skurtys, dkk. 2011).

Pembuatan *edible film* berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi. Granula pati bersifat tidak larut dalam air dingin tetapi akan mengembang secara drastis ketika air dipanaskan. Granula pati dapat terus mengembang dan pecah sehingga tidak biasa kembali pada kondisi semula, perubahan sifat inilah yang disebut dengan gelatinasi. Suhu pada saat butir pati pecah disebut suhu gelatinasi (52°C-80°C), suhu gelatinasi atau suhu pembentukan pasta adalah suhu pada saat mulai terjadi kenaikan viskositas suspensi pati bila dipanaskan.

Granula pati yang menggelembung dan membentuk pasta atau gelatin, jika suhu terus dinaikkan akan tercapai viskositas puncak dan setelah didinginkan molekul-molekul amilosa cenderung bergabung kembali yang disebut regelatinasi. Sebanyak 15-25% pati akan terlarut dalam bentuk koloid ketika campuran pati dan air dipanaskan. Bagian tersebut disebut dengan amilosa yaitu pati yang dapat larut (Koolman, 2005 dalam Wulansari, 2013). Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat dari lepasnya air, sehingga gel akan membentuk *film* yang stabil (Wahyu, 2008).

Peningkatan penggelembungan granula oleh pengaruh panas akan meningkatkan viskositas pasta suspensi pati sampai mencapai tingkat pengembangan maksimum atau viskositas maksimum (VM) yaitu viskositas pada saat terjadi gelatinasi sempurna. Makin besar kemampuan mengembang granula pati maka viskositas pasta makin tinggi dan akhirnya akan menurun kembali setelah pecahnya granula pati. Suspensi pati bila dipanaskan, granula granula akan menggelembung karena menyerap air dan selanjutnya mengalami gelatinasi dan mengakibatkan terbentuknya pasta yang ditandai dengan kenaikan viskositas pasta. Kenaikan viskositas ini disebabkan oleh terjadinya penggelembungan granula pati khususnya amilosa. Proses ini berlanjut terus hingga viskositas puncak pasta tercapai, kemudian viskositas menurun akibat gaya ikatan antara granula-granula pati yang telah mengembang dan tergelatinasi menjadi berkurang oleh pemanasan yang tinggi dan pengadukan yang keras. Selain itu struktur granula pati juga pecah sehingga menyebabkan penurunan viskositas pasta serta stabilitas viskositas pasta rendah (Krisna, 2011).

2.1.2 Edible Film dengan Penambahan Antioksidan

Edible film dengan penambahan antioksidan telah banyak diteliti, namun penambahan antioksidan berasal dari bahan-bahan rimpang seperti jahe, kunyit dan temu hitam. Penelitian Kusumawati dan Putri (2013) menyatakan pengaruh perubahan konsentrasi pati jagung dan perasan temu hitam terhadap aktivitas antioksidan *edible film* menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi pati jagung cenderung akan menurunkan aktivitas antioksidan sedangkan semakin tingginya konsentrasi perasan temu hitam cenderung meningkatkan aktivitas antioksidan. Peningkatan konsentrasi pati jagung akan menurunkan aktivitas antioksidan *edible film*. Hal ini disebabkan kandungan senyawa fenol semakin rendah dengan semakin meningkatnya kadar pati sehingga aktivitas antioksidan juga lebih rendah. Penambahan pati jagung yang terlalu tinggi akan meningkatkan total padatan *edible film* sehingga senyawa fenol sebagai senyawa yang mengandung antioksidan akan terikat kuat pada matriks film. Rendahnya senyawa fenol yang terekstrak akan mempengaruhi pengukuran aktivitas antioksidan *edible film*. Jadi tingginya aktivitas antioksidan *edible film* dipengaruhi oleh total fenol yang terekstrak.

Peningkatan konsentrasi perasan temu hitam akan menghasilkan aktivitas antioksidan yang semakin besar. Aktivitas antioksidan *edible film* dipengaruhi oleh senyawa antioksidan yang terkandung dalam bahan dan kemampuan senyawa tersebut untuk mereduksi radikal bebas. Perasan temu hitam mengandung senyawa fenol yang diduga berperan besar dalam aktivitas antioksidan *edible film* karena

senyawa fenol mempunyai mekanisme penangkapan radikal bebas melalui reaksinya dengan gugus – OH (Andayani, *dkk.* 2008).

2.2 Singkong Ketan

2.2.1 Morfologi Singkong Ketan

Ubi kayu varietas ketan merupakan tanaman perdu yang berasal dari Benua Amerika, tepatnya Brasil (Lingga, *dkk.* 1986 serta Purwono dan Purnamawati, 2007). Ubi kayu yang juga dikenal sebagai ketela pohon atau singkong, dalam bahasa Inggris bernama *cassava*, adalah pohon tahunan tropika dan subtropika dari keluarga *Euphorbiaceae*. Ubinya dikenal luas sebagai makanan pokok penghasil karbohidrat dan daunnya sebagai sayuran.

Secara taksonomi ubi kayu ketan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :



Kerajaan	: <i>Plantae</i>
Divisio	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Malpighiales</i>
Suku	: <i>Euphorbiaceae</i>
Subsuku	: <i>Crotonoideae</i>
Tribe	: <i>Manihoteae</i>
Marga	: <i>Mannihot</i>
Spesies	: <i>Manihot esculenta</i>

Singkong ketan (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu tanaman yang tersebar luas di Indonesia dan sudah banyak dibudidayakan di berbagai negara di dunia. Di benua Asia, singkong tersebar di Thailand, Vietnam, India, dan RR Cina

dan di benua Afrika tersebar di Nigeria, Kongo, Ghana, Mozambik, Angola, dan Uganda, sedangkan di benua Amerika produksi singkong terbesar ada di Brasil. Beberapa ahli botani menyatakan bahwa tanaman singkong berasal dari Amerika yang beriklim tropis dan seorang ahli botani Rusia, Nikolai Ivanovick Vavilov, memastikan bahwa tanaman singkong berasal dari Brasil (Benua Amerika bagian selatan) (Gardjito, *dkk.* 2013).

Berdasarkan data luas panen dari (Badan Pusat Statistik, 2013) produktivitas singkong di Indonesia mencapai 24 juta ton pada tahun 2011, sehingga masih banyak peluang untuk pengolahan singkong menjadi aneka macam makanan dan tepung.

2.2.2 Komposisi Kimia Singkong Ketan

Singkong ketan (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu sumber karbohidrat lokal Indonesia yang menduduki urutan ketiga terbesar setelah padi dan jagung. Tanaman ini merupakan bahan baku yang paling potensial untuk diolah menjadi tepung. Singkong varietas ketan mempunyai komposisi kimiawi terdiri dari kadar air sekitar 13,52%, pati 66,12%, dan amilosa 30,90% (Augustyn, *dkk.* 2007).

Singkong segar mengandung senyawa glikosida sianogenik dan bila terjadi proses oksidasi oleh enzim linamarase maka akan dihasilkan glukosa dan asam sianida (HCN) yang ditandai dengan bercak warna biru, akan menjadi toxin (racun) bila dikonsumsi pada kadar HCN lebih dari 50 ppm. Pengelompokan ubikayu berdasarkan kadar HCN menjadi 3 kelompok, yaitu (1) tidak boleh dikonsumsi bila kadar HCN lebih dari 100 ppm (rasa pahit), seperti varietas Adira II, Adira IV dan Thailand, (2) dianjurkan tidak dikonsumsi bila kadar HCN 40 – 100 ppm (agak pahit), seperti varietas UJ-5 dan (3) boleh dikonsumsi kadar HCN kurang dari 40 ppm

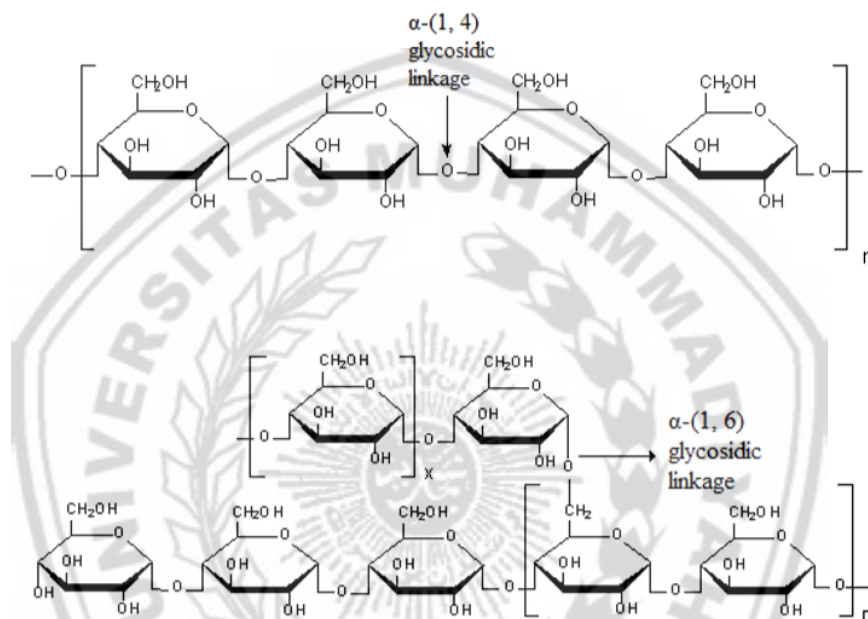
(tidak pahit), seperti varietas Adira I dan Manado. Ada korelasi antara kadar HCN ubikayu segar dengan kandungan pati. Semakin tinggi kadar HCN semakin pahit dan kadar pati meningkat dan sebaliknya. Oleh karenanya, industri tapioka umumnya menggunakan varietas berkadar HCN tinggi (varietas pahit). Di samping itu, ubikayu segar mengandung senyawa polifenol dan bila terjadi oksidasi akan menyebabkan warna coklat (*browning* secara enzimatik) oleh enzim fenolase, sehingga warna tepung kurang putih. Berdasarkan kadar amilosa, ubikayu dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu ubikayu gembur (kadar amilosa lebih dari 20%) yang ditandai secara fisik bila kulit ari yang berwarna coklat terkelupas dan kulit tebalnya mudah dikupas, dan ubikayu kenyal (kadar amilosa kurang dari 20%) yang ditandai bila kulit ari warna coklat tidak terkelupas (lengket pada kulit tebalnya) dan kulit tebalnya sulit dikupas.

2.2.3 Pati Singkong

Pati merupakan karbohidrat yang berasal dari hasil proses fotosintesis tanaman, disimpan dalam bagian tertentu tanaman dan berfungsi sebagai cadangan makanan yang tergolong dalam homopolimer glukosa dengan ikatan L-glikosidik. Pati terdiri dari dua fraksi, yaitu amilosa dan amilopektin (Soebagio, *dkk.* 2009).

Pati adalah karbohidrat yang merupakan polimer glukosa yang terdiri dari amilosa dan amilopektin dimana besarnya perbandingan amilosa dan amilopektin ini berbeda-beda tergantung jenis patinya. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai karbonnya, serta lurus atau bercabang. Dalam bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang disebut granula. Amilosa dan amilopektin dalam pati berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia pati.

Pati dengan kandungan amilosa tinggi, memiliki kemampuan menyerap air dan mengembang lebih besar karena amilosa memiliki kemampuan membentuk ikatan hidrogen yang lebih besar daripada amilopektin. Selain itu, pati dengan kandungan amilosa tinggi bersifat kurang rekat dan kering, sedangkan pati yang memiliki kandungan amilopektin tinggi bersifat rekat dan basah (Hidayat, *dkk.* 2007).



Gambar 1. Struktur Molekul Amilosa dan Amilopektin
(Sumber: Canisag, 2015)

Pati dapat diekstrak dengan berbagai cara, berdasarkan bahan baku dan penggunaan dari pati itu sendiri. Untuk pati dari ubi-ubian, proses utama dari ekstraksi terdiri perendaman, disintegrasi, dan sentrifugasi. Perendaman dilakukan dalam larutan natrium bisulfit pada pH yang diatur untuk menghambat reaksi biokimia seperti perubahan warna dari ubi. Disintegrasi dan sentrifugasi dilakukan untuk memisahkan pati dari komponen lainnya (Liu, 2005 dalam Cui, 2005).

2.3 Pisang

2.3.1 Morfologi Pisang Kepok

Pisang kepok merupakan salah satu buah pisang yang enak dimakan setelah setelah diolah terlebih dahulu. Pisang kepok memiliki buah yang sedikit pipih dan kulit yang tebal, jika sudah matang warna kulit buahnya akan menjadi kuning. Pisang kepok memiliki banyak jenis, namun yang lebih dikenal adalah pisang kepok putih dan pisang kepok kuning. Warna buahnya sesuai dengan nama jenis pisangnya, yaitu putih dan kuning. Pisang kepok kuning memiliki rasa yang lebih enak, sehingga lebih disukai masyarakat (Prabawati, *dkk.* 2008).

Pisang kepok kulitnya sangat tebal berwarna hijau kekuningan. Apabila sudah matang dagingnya kuning kemerahan dan teksturnya agak keras. Rasanya yang manis, tetapi aromanya tidak harum. Satu tandan pisang berisi 7 sisir atau 109 buah (Saptarini dan Nuswamarhaeni, 1999).

Klasifikasi tanaman pisang kepok menurut Tjitrosoepomo (1991), adalah sebagai berikut :

Regnum : *Plantae*
Divisio : *Spermatophyta*
Sub divisi : *Angiospermae*
Classis : *Monocotyledoneae*
Ordo : *Musales*

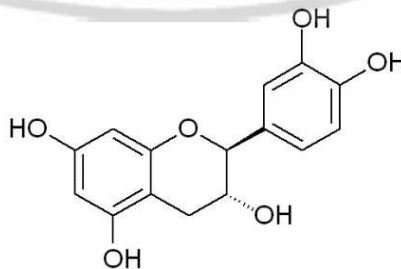
Familia : *Musaceae*

Genus : *Musa*

Spesies : *Musa paradisiaca* L.

2.3.2 Komposisi Kimia Kulit Pisang Kepok

Pisang merupakan salah satu tanaman sumber antioksidan alami potensial. Pisang mengandung berbagai senyawa antioksidan pada jaringan buah dan kulitnya seperti vitamin C, vitamin E, beta karoten, dan flavonoid. Pisang mengandung total fenolik dan tanin yang tinggi. Beberapa enzim pada pisang berperan dalam meningkatkan kapasitas antioksidan (Fernando, *dkk.* 2014). Menurut Rosdiana (2014), beberapa senyawa antioksidan yang terdapat pada kulit pisang yaitu katekin, gallokatekin, dan epikatekin yang merupakan golongan senyawa flavonoid. Aktivitas antioksidan pada kulit pisang mencapai 94,25% pada konsentrasi 125 µg/mL sedangkan pada bagian buah pisang sekitar 70% pada konsentrasi 50 mg/mL (Qomariyah, 2015). Menurut Fatemeh, *dkk.* (2012), pisang (*Musa cavendish*) memiliki total fenolik sebesar 232 mg/100 g bahan kering pada bagian buah dan 907 mg/100 g bahan kering pada bagian kulit.



Gambar 2. Struktur Molekul Katekin
(Amalia, *dkk.* 2015)

Vinson, *dkk.* (2001) menganalisis kuantitas dan kualitas antioksidan fenolik dari beberapa jenis buah, diantaranya buah pisang. Kadar total fenol pada pisang berdasarkan ekuivalen katekin sekitar 42,30 mikromol/g berat kering atau sekitar 11,2 mikromol/ g berat basah. Kadar total fenol pada kulit pisang adalah sekitar 387,34 mg/g berat basah atau 3,61 mg/g berat kering. Senyawa fenol teruji positif dalam kulit buah pisang adalah polifenol dan flavonoid. Flavonoid dan polifenol telah digolongkan sebagai antioksidan tingkat tinggi berdasarkan kemampuannya untuk menangkap radikal bebas dan jenis oksigen aktif seperti oksigen dalam bentuk singlet, radikal bebas superoksida dan radikal hidroksil. Hal ini tentu saja menunjukkan potensi tingginya kadar antioksidan dalam buah maupun kulit pisang yang dapat dimanfaatkan oleh tubuh.

Tabel 1. Komposisi Kimia Kulit Pisang Kepok

Unsur	Komposisi (%)
Kadar air	11,09
Kadar abu	4,82
Kadar lemak	16,47
Kadar protein	5,99
Kadar serat kasar	20,96
Kadar karbohidrat	40,74
Kadar selulosa	17,04
Kadar lignin	15,36

Sumber: Hernawati dan Aryani (2007)

2.4 Kandungan Antioksidan dalam Kulit Pisang

Penelitian yang telah dilakukan oleh Someya, *dkk.* (2002) membuktikan bahwa pada kulit pisang memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daging buahnya. Senyawa antioksidan yang terdapat pada kulit pisang yaitu katekin, gallokatekin dan epikatekin yang merupakan golongan senyawa

flavonoid. Selain itu, kandungan unsur gizi yang terdapat pada kulit pisang cukup lengkap, seperti karbohidrat, lemak, protein, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin B, vitamin C dan air (Zuhrina, 2011). Sehingga kulit pisang memiliki potensi yang cukup baik untuk dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan pada bahan pangan. Tingginya kandungan antioksidan dalam produk makanan ternyata dapat menurunkan berbagai penyakit degeneratif. Penyakit degeneratif merupakan salah satu penyebab kematian terbesar di dunia. Penyakit degeneratif adalah penyakit yang disebabkan oleh penurunan fungsi sel, jaringan, dan organ tubuh seiring dengan bertambahnya usia seseorang, beberapa di antaranya yaitu kanker, jantung dan stroke.

Pisang kepok dipilih karena pisang ini memiliki kulit yang lebih tebal dibandingkan dengan kulit pisang lainnya, dan pada kulit pisang kepok terkandung senyawa flavonoid yang berpotensi sebagai antioksidan (Atun, *dkk.* 2007). Salah satu kelebihan kulit pisang adalah mengandung berbagai zat gizi yang bermanfaat bagi tubuh, seperti karbohidrat, serat kasar, kalsium, zat besi dan fosfor. Serat kasar berfungsi untuk mencegah terjadinya kanker usus dengan mempersingkat waktu transit feses pada saluran pencernaan sehingga bakteri patogen yang terdapat pada feses tidak mempunyai waktu yang cukup untuk membentuk senyawa patogen (Manurung, 2007). Kalsium dapat digunakan oleh tubuh untuk pembentukan matriks tulang dan mencegah terjadinya pengeroposan tulang (Lane, 2001). Zat besi berperan dalam pembentukan sel darah merah yang berfungsi untuk mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh (Martin dan Ford, 2001). Fosfor bersama dengan kalsium berperan dalam proses pembentukan tulang (Meikawati, *dkk.* 2009).

2.5 Plasticizer

Plasticizer didefinisikan sebagai zat non volatil, bertitik didih tinggi, yang pada saat ditambahkan pada material lain mengubah sifat fisik dari material tersebut. *Plasticizer* bahan yang tidak mudah menguap, dapat merubah struktur dimensi objek, menurunkan ikatan rantai antar protein dan mengisi ruang-ruang yang kosong pada produk (Banker, 1966 dan Yoshida dan Antunes, 2003 dalam Murni, dkk. 2013). Pelapis *edible film* harus memiliki elastisitas dan fleksibilitas yang baik, daya kerapuhan rendah, ketangguhan tinggi, untuk mencegah retak selama penanganan dan penyimpanan. Oleh karena itu, *plasticizer* dengan berat molekul kecil (nonvolatil) biasanya ditambahkan ke dalam pembentukan *film* hidrokoloid sebagai solusi untuk memodifikasi fleksibilitas *edible film* tersebut seperti pati, pektin, gel, dan protein.

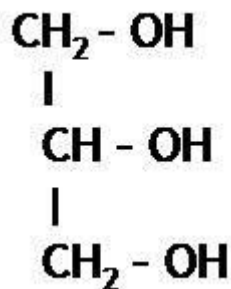
Plastisizer berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer. Syarat *plastisizer* yang digunakan sebagai zat pelembut adalah stabil (*inert*), yaitu tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya, tidak merubah warna polimer dan tidak menyebabkan korosi. Salah satu jenis *plasticizer* yang banyak digunakan selama ini adalah gliserol. Gliserol cukup efektif digunakan untuk meningkatkan sifat plastis *film* karena memiliki berat molekul yang kecil (Huri dan Fitri, 2014).

Pemanfaatan gliserol sebagai *plasticizer* telah banyak digunakan oleh para peneliti, Menurut Coniwanti (2014) penambahan gliserol pada *edible film* sangat berpengaruh terhadap bahan baku yang digunakan seperti pati. Dibandingkan dari pelarut seperti sorbitol, gliserol lebih menguntungkan karena mudah tercampur dalam larutan *film* dan terlarut dalam air (hidrofilik). Sedangkan sorbitol sulit bercampur

dan mudah mengkristal pada suhu ruang. Kelebihan lainnya pada gliserol adalah bahan organik dengan berat molekul rendah sehingga pada penambahan bahan baku dapat menurunkan kekakuan dari polimer sekaligus meningkatkan fleksibilitas pada *edible film*.

Gliserol adalah alkohol terhidrik. Nama lain gliserol adalah gliserin atau 1,2,3-propanetriol. Sifat fisik gliserol tidak berwarna, tidak berbau, rasanya manis, bentuknya liquid sirup, meleleh pada suhu 17,8°C, mendidih pada suhu 290°C dan larut dalam air dan etanol. Gliserol bersifat higroskopis, seperti menyerap air dari udara, sifat ini yang membuat gliserol digunakan pelembab pada kosmetik. Gliserol terdapat dalam bentuk ester (gliserida) pada semua hewan, lemak nabati dan minyak (Ningsih, 2015). Gliserol termasuk jenis *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, menambah sifat polar dan mudah larut dalam air (Huri dan Nisa, 2014 dalam (Ningsih, 2015).

Gliserol terdapat dalam bentuk campuran lemak hewan atau minyak tumbuhan. Gliserol jarang ditemukan dalam bentuk lemak bebas. Tetapi biasanya terdapat sebagai trigliserida yang tercampur dengan bermacam-macam asam lemak, misalnya asam stearat, asam palmitat, asam laurat serta sebagian lemak. Beberapa minyak dari kelapa, kelapa sawit, kapok, lobak dan zaitun menghasilkan gliserol dalam jumlah yang lebih besar dari pada beberapa lemak hewan tallow maupun lard.



Gambar 3. Struktur molekul gliserol

2.6 STTP (*Sodium Tripolyphosphate*)

Natrium tripolifosfat (STTP) atau sodium tripolifosfat adalah bahan kimia berbentuk serbuk dan atau butir - butir halus berwarna putih yang terdiri dari $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$. Pemberian STTP maksimal 0,4% (b/v) sebagai bahan tambahan makanan. (Deptan,2006). STTP dapat digunakan dalam pembuatan *edible film* yaitu sebagai agent crosslinking agar struktur *edible film* dapat diperbaiki dan tidak mudah rapuh. Mekanisme STTP sebagai agent crosslinking adalah menggantikan gugus OH dengan gugus fungsi lain yaitu gugus fosfat, sehingga terjadi antara Na, fosfat dan gugus OH.

Crosslinking (ikatan silang) adalah ikatan kovalen atau ionik yang menghubungkan satu rantai polimer ke polimer lainnya dan membuat polimer kuat. Pembentukan ikatan antar molekul ini dengan menggunakan bahan kimia yang berbeda yang disebut agen *crosslinking* (Canisag, 2015). Penyilangan polimer yang mengandung gugus hidroksil, seperti pati, memerlukan agen yang dapat bereaksi dengan paling sedikit dua gugus hidroksil dalam satu molekul polimer. *Crosslinking* digunakan untuk memperbaiki sifat mekanik dan stabilitas *film* pati. *Crosslinking*

terjadi ketika agen *crosslinking* membentuk ikatan intramolekul dengan gugus hidroksil primer (C6-OH) atau gugus hidroksil sekunder (C2-OH dan C3-OH). Dengan demikian, *crosslinking* dapat meningkatkan interaksi intramolekul antara rantai pati.



Gambar 4. Struktur Pati Alami dan Pati Termodifikasi secara *Crosslinking* (Sumber: Canisag, 2015)

Agen *crosslinking* seperti STPP akan membentuk monoester melalui reaksi dengan granula pati melalui pemanasan atau dengan cara menambahkan STPP pada sluri pati, mengatur pH, pencampuran, filtrasi dan pengeringan (Yulianto, 2017). Pembentukan pati *monophosphate* merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat alami pati. Pembentukan pati *monophosphate* ini dapat dilakukan dengan penambahan garam seperti ortho-, pyro-, atau *tripolyphosphate*. Penambahan garam akan menghasilkan pati yang memiliki viskositas tinggi, kenampakan cerah dan gel yang kompak (Whistler, 1967). Penggunaan STPP juga akan menyebabkan ikatan pati menjadi kuat, tahan terhadap pemanasan dan asam sehingga dapat menurunkan derajat pembengkakan granula serta meningkatkan stabilitas adonan, karena adanya

ikatan antara pati dengan fosfat diester atau ikatan silang antar gugus hidroksil (OH) (Retnaningtyas, 2014).

Gugus monofosfat menstabilkan pati dengan mengikat silang antara amilosa dan amilopektin dan juga mempengaruhi ion-ion pada molekul pati serta merubahnya menjadi polielektrolit ionik. Pati monofosfat ketika terdispersi dalam air akan memiliki viskositas yang lebih tinggi, kejernihan yang lebih cerah dan stabilitas yang lebih baik. Gugus substitusi monofosfat akan menurunkan suhu gelatinisasi. Pati monofosfat sebagai pati termodifikasi dapat dibuat dengan mereaksikan pati dengan mono atau *orthophosphate* atau STPP dengan kadar yang dinyatakan tidak lebih dari 0,4% (Stephen dkk., 2006).



Gambar 5. Model Reaksi Pati dengan STPP

Menurut penelitian Wahyudi (2009) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi sodium tripolyphosphate (STPP) cenderung meningkatkan ketebalan dan kelarutan film, tetapi menurunkan kuat regang putus dan perpanjangan edible film yang dihasilkan. Peningkatan konsentrasi STPP cenderung menaikkan laju transmisi uap air *edible film*.

2.7 Sifat Fisik, Mekanik dan Barrier *Edible Film*

a. Ketebalan *Film*

Ketebalan merupakan sifat fisik *edible film* yang besarnya dipengaruhi oleh konsentrasi hidrokoloid pembentuk *edible film* dan ukuran plat kaca pencetak. Ketebalan *edible film* mempengaruhi laju uap air, gas dan senyawa volatil lainnya. Sebagai kemasan, semakin tebal *edible film*, maka kemampuan penahannya akan semakin besar atau semakin sulit dilewati uap air, sehingga umur simpan produk akan semakin panjang (Mc.Hugh, 1994). Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan film dalam pembentukan produk yang akan dikemasnya. Ketebalan film akan mempengaruhi permeabilitas gas. Semakin tebal *edible film* maka permeabilitas gas akan semakin kecil dan melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Ketebalan juga dapat mempengaruhi sifat mekanik film yang lain, seperti *tensile strength* dan *elongasi*. Namun dalam penggunaannya, ketebalan *edible film* harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya (Kusumasmarawati, 2007). Kepaduan dari *edible film* atau lapisan pada umumnya meningkat secara proporsional dengan ketebalan (Guilbert and Biquet, 1990).

Ketebalan adalah parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan *film* dalam pembentukan produk dikemasannya (Suryaningrum, dkk. 2005). Menurut Diredja (1996), ketebalan pengemas akan memengaruhi umur simpan produk, apabila semakin tebal maka laju transmisi uap air dan gas akan semakin rendah. Akan tetapi, kenampakan *edible film* yang tebal akan memberi warna yang semakin buram atau tidak transparan dan akan mengurangi penerimaan konsumen karena produknya

menjadi kurang menarik. Menurut Zhang dan Han (2006) bahwa, ketebalan *film* meningkat sesuai dengan meningkatnya *plasticizer* dari 4,34-10,87 mmol/g dan berat molekul *plasticizer* dari 92,09-182,2 pada penelitian dengan menggunakan beberapa monosakarida dan poliols sebagai *plasticizer*. *Edible film* dengan gliserol sebagai *plasticizer* mempunyai ketebalan paling tipis jika dibandingkan dengan yang lain, berat molekulnya paling kecil, mempunyai konsentrasi padatan terlarut paling rendah. *Edible film* yang terlalu tebal dapat memberikan efek yang merugikan.

b. Transparansi

Transparansi adalah kemampuan suatu bahan untuk meneruskan cahaya. Transparansi *edible film* dipengaruhi oleh ketebalan *edible film*, dimana semakin tebal *edible film* maka transparansinya akan semakin rendah dan tidak disukai karena kenampakannya.

c. Kelarutan dalam Air

Kelarutan *film* merupakan faktor yang penting dalam menentukan biodegradabilitas *film* ketika digunakan sebagai pengemas. Ada *film* yang dikehendaki tingkat kelarutannya tinggi atau sebaliknya tergantung jenis produk yang dikemas (Nurjannah, 2004). Daya larut merupakan salah satu sifat fisik *edible film* yang menunjukkan persentase berat kering terlarut setelah dicelupkan dalam air selama 24 jam (Gontard dkk., 1993). Daya larut *film* sangat ditentukan oleh sumber bahan dasar pembuatan *film*. *Edible film* berbahan dasar pati tingkat kelarutannya dipengaruhi oleh ikatan gugus hidroksil pati. Makin lemah ikatan gugus hidroksil pati, makin tinggi kelarutan *film*. *Edible film* dengan daya larut yang tinggi menunjukkan *film*

tersebut mudah dikonsumsi. Menurut Setya (1997) kelarutan film dalam air disebabkan oleh konsentrasi bahan yang ditambahkan saat pembuatan film.

d. Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Kuat tarik merupakan tarikan maksimal yang dapat dicapai *film* sebelum *film* putus atau sobek. Nilai *tensile strength* menunjukkan besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimal pada setiap satuan luas *film* (Krochta dan DeMulder-Johnston, 1997). *Edible film* harus dipertahankan keutuhannya selama pemrosesan bahan yang dikemasnya. Cara untuk menguji kemampuannya harus dilakukan dengan evaluasi terhadap sifat-sifat mekaniknya yang meliputi kuat tarik dan perpanjangan (Khotimah, 2006). Berdasarkan *Japan Industrial Standard* (1975) minimal nilai kuat tarik yang dimiliki *edible film* 0,39 MPa.

Menurut Krochta dan de Mulder Johnston (1997), *tensile strength* (kekuatan regang putus) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum film putus atau robek. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk merenggang atau memanjang.

e. Pemanjangan (*Elongasi*)

Pemanjangan didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang *film* pada saat *film* ditarik sampai putus (Krochta dan DeMulder-Johnston, 1997). Nilai elongasi *edible film* menunjukkan kemampuan rentangnya (Gontard dkk., 1993). Berdasarkan *Japan Industrial Standard* (1975) nilai elongasi <10% berarti sangat buruk, apabila >50% berarti sangat baik.

f. Transmisi Uap Air (WVTR)

Laju transmisi uap air atau WVTR (*water vapour transmission rate*) merupakan jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas *film*. Laju transmisi uap air akan menentukan permeabilitas uap air *film* (McHugh dan Krochta, 1994 dalam Krochta dkk., 1994). Kemampuan *edible film* dalam menahan migrasi uap air dari buah merupakan sifat yang penting untuk diketahui, karena menurut Gontard, dkk. (1993), salah satu fungsi *edible film* adalah untuk menahan migrasi uap air. Krochta, dkk. (1994) juga menyebutkan, pada umumnya kehilangan air pada produk buah-buahan dan sayur- sayuran merupakan penyebab utama kerusakan selama penyimpanan. Kehilangan air tersebut dapat menyebabkan buah - buahan dan sayuran mengalami susut berat dan tampak layu atau berkerut sehingga kurang diminati oleh konsumen. Faktor utama penyebab tingginya nilai laju transmisi uap air *edible film* adalah komponen hidrofilik lebih tinggi dibanding komponen hidrofobik, namun peningkatan komponen hidrofobik dalam matrik *edible film* dapat menyebabkan penurunan elastisitas (Garcia, dkk. 2000). Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas area *film*. Laju transmisi uap air ditentukan oleh permeabilitas uap air pada *film* (Khotimah, 2006). Ketahanan suatu film terhadap uap air sangat menentukan daya simpan produk pangan yang dikemas. Semakin rendah permeabilitas plastik maka semakin lama daya simpan produk pangan yang dikemasnya. Semakin besar pertambahan berat, maka semakin besar pula daya permeabilitasnnya yang berarti semakin mudah untuk melewati gas termasuk uap air, produk pun akan semakin mengalami penurunan kualitas. Berdasarkan *Japan Industrial Standard* (1975) nilai laju transmisi uap air maksimal 7 g/m²/hari.

2.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan *Edible Film*

Pembuatan *edible film* terdapat faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah: suhu, konsentrasi polimer, dan *plasticizer*.

1. Suhu

Perlakuan suhu diperlukan untuk membentuk *edible film* yang utuh, tanpa adanya perlakuan panas kemungkinan terjadinya interaksi molekuler sangatlah kecil. Sehingga pada saat *film* dikeringkan akan menjadi retak dan berubah menjadi potongan-potongan kecil. Perlakuan panas diperlukan untuk membuat pati tergelatinisasi, sehingga terbentuk pasta pati yang merupakan bentuk awal dari *edible film*. Kisaran suhu gelatinisasi pati rata-rata 64,5°C – 70°C (Mc Hugh dan Krochta, 1994).

2. Konsentrasi Polimer

Konsentrasi pati ini sangat berpengaruh, terutama pada sifat fisik *edible film* yang dihasilkan dan juga menentukan sifat pasta yang dihasilkan. Menurut Krochta dan Johnson (1997), semakin besar konsentrasi pati maka jumlah polimer penyusun matrik *film* semakin banyak sehingga dihasilkan *film* yang tebal.

3. *Plasticizer*

Plasticizer ini merupakan bahan *nonvolatile*, yang ditambahkan ke dalam formula *film* akan berpengaruh terhadap sifat mekanik dan fisik *film* yang terbentuk karena akan mengurangi sifat intermolekuler dan menurunkan ikatan hidrogen internal. *Plasticizer* ini mempunyai titik didih tinggi dan penambahan *plasticizer*

dalam *film* sangat penting karena diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh *film* yang disebabkan oleh kekuatan intermolekuler ekstensif (Gotard, *dkk.* 1993). Menurut Krochta dan Jonhson (1997), *plasticizer* polyol yang sering digunakan yakni seperti gliserol dan sorbitol. Konsentrasi gliserol 1 - 2 % dapat memperbaiki karakteristik *film*.

